

Zeitschrift: Bollettino della Società ticinese di scienze naturali
Herausgeber: Società ticinese di scienze naturali
Band: 63 (1972-1973)

Artikel: La temperatura del sottosuolo nel Ticino
Autor: Rima, Alessandro
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1003501>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 14.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

La temperatura del sottosuolo nel Ticino

E' da lungo tempo — si potrebbe risalire all'inizio del primo quarto dell'ottocento — che un po' ovunque si è sollevata la voce insistente di matematici, di fisici (o, secondo la specializzazione moderna, di geologi, di geografi, di geofisici, di meteorologi) e in genere di uomini di scienza, particolarmente attivi in quelle naturali, per sottolineare la necessità di un'esplorazione sistematica di questo nostro ambiente.

Ebbe inizio, ad opera di istituti sorti in quel tempo un po' ovunque in Europa, dopo la metà dell'800, l'ispezione dell'atmosfera, con la posa di strumenti atti a precisare le modifiche delle diverse meteore: la temperatura dell'aria, la pressione atmosferica, la durata delle ore di sole, le quantità di precipitazioni, le direzioni e l'intensità del vento, ecc. Così che oggi sono disponibili serie cronologiche continue e talune omogenee anche centennali e più, permettenti un'analisi interessante sulle variazioni del clima in diverse parti del globo.

Man mano che le scoperte prendevano forma ed importanza, furono inserite altre indagini su aspetti naturali a diversi livelli, come sull'elettricità dell'aria, sul modo di formarsi e il numero dei temporali, sull'insozzamento, sulle radio onde e si perfezionarono i metodi di misura anche per la precisazione delle meteore fondamentali sopracitate. Di questo perfezionamento metodologico nella meteorologia c'era ben necessità, in quanto molti osservatori affidavano e affidano tutt'ora la responsabilità delle osservazioni — a causa dell'espansione e densità della rete climatologica sinottica — a persone non sempre completamente coscienti dell'impegno assunto e dell'importanza della disponibilità di dati sicuri e ben rilevati. (Ciò va principalmente alle osservazioni sul vento [Bibl. 1] riferito al Cantone Ticino). Gran parte di queste osservazioni e misure raccolte dagli istituti centrali, in genere nazionali, vengono pubblicate e quindi sono disponibili, sia in Svizzera (Bibl. 2) che all'estero; ci riferiamo però in genere alle osservazioni sulle modifiche di particolari aspetti dell'atmosfera, ma poco o niente del sottosuolo. Anche la letteratura è scarsa di riferimenti.

Tralasciamo ciò che è stato intrapreso all'estero, non contemplato del resto in questo nostro rapido sguardo, per occuparci delle misure della geotemperatura fino ad una certa profondità in Svizzera, con particolare riguardo al Ticino.

Le misure sistematiche della temperatura del suolo in Svizzera, a Zurigo e Pregassona (anche a Coldrerio dal 1968), sono state intraprese per iniziativa dell'Istituto Svizzero di Meteorologia, Sezione Agricola, iniziato nel 1952 a Zurigo con un'indagine per stabilire le apparecchiature più idonee da adottare in questo genere di misure, studio condotto da Primault (Bibl. 3) a cui faremo riferimento, in seguito, a varie riprese.

Altre osservazioni disponibili sono state iniziate nel 1963 a Bellinzona dall'Ufficio di Ricerca delle Strade Nazionali (ing. Holecz Bibl. 4 e 5) che gentilmente ci sono state messe a disposizione per le analisi. Altre ancora eseguite in roccia e nel calcestruzzo durante e in seguito ai lavori degli impianti idroelettrici sono, a quanto sembra, irraggiungibili; è strano però che investimenti di miliardi di franchi svizzeri abbiano lasciato dietro a sé, disponibili alla comunità, solo qualche sommaria descrizione d'impianto.

In ogni caso esaminiamo ciò che è disponibile, cercando di rilevarne l'utilità, insistendo già sin d'ora sulla necessità di una campagna di ricerca delle variazioni della geotemperatura in terreno coerente, incoerente o roccioso.

La conoscenza dell'evolversi dei diversi fenomeni nel sottosuolo, in particolare della temperatura è di straordinaria importanza per tutti i problemi sorti in questo ultimo ventennio, riferiti alla migliore conoscenza per una efficace protezione dell'ambiente (ad esempio scarico di acque con sali e minerali sciolti in genere, ecc. nel sottosuolo e loro comportamento in relazione alla temperatura).

L'interesse della conoscenza delle modifiche giornaliere, mensili e annuali della geotemperatura, va in primo luogo all'agricoltura, con i processi di infiltrazioni di umidità, d'intensità delle variabilità osmotiche e di velocità di movimento del plasma dovuto alla temperatura (Bibl. 3) fino agli strati meno profondi. Le varie profondità limite di gelo sono da precisare in dipendenza delle situazioni geografiche e orografiche, in relazione alla composizione dei terreni, alla densità e all'umidità, con tutti i problemi di corrosione connessi cogli impianti di tubazioni metalliche e di qualsiasi genere, posati di solito ad una profondità di m 1 - m 1.5 sotto le pavimentazioni.

Le costruzioni si vanno sviluppando in altezza, ma pure in profondità, costruzione di autorimesse, negozi, ecc., e questo secondo fatto implica una migliore conoscenza fino ad un determinato strato, delle variabilità termiche per la scelta dei materiali e loro additivi atti a migliorare gli isolamenti in funzione della trasmissione di calore (guadagni e perdite, accumuli di calore stagionale e inversioni, corrosività delle acque di contatto, ecc.) senza perdere d'occhio l'importanza di queste modifiche per la progettazione corrente di cantine, scantinati e piani semiinterati.

Se ne deduce l'esistenza della necessità di raccolta accurata di dati e di misure continuate a diverse profondità, ad esempio da 20 in 20 cm oppure di fissare, dopo una diligente ricerca, delle quote di prelievo normalizzate fino ad almeno 3 m sotto il livello del terreno naturale.

Per ora sono disponibili delle misure fino ad 1 m di profondità per le stazioni di Pregassona e Zurigo e a 1.60 m per quella di Bellinzona, quelle cioè da noi rintracciate. I dati delle prime sono pubblicati (Bibl. 1), i secondi sono reperibili presso l'Ufficio di Ricerca delle Strade Nazionali. E' pure interessante sapere gli andamenti giornalieri, mensili ed annuali

per un intervallo minimo di tempo, però sufficiente per una generalizzazione collegata col controllo dei valori estremi.

La media giornaliera potrebbe essere dedotta da sole due misure. Lo studio di Primault (Bibl. 1) conclude infatti che la media di due letture, alle 08.00 e 18.00 corrisponde, con buona approssimazione, a quella delle ventiquattro letture orarie. (Errore non superiore a quello strumentale riferito all'apparecchio registratore — non al termometro a mercurio — adottato per Pregassona).

L'intervallo di controllo minimo dovrebbe essere quello di 12 anni, o del ciclo solare completo in cui, comunemente, figura un massimo ed un minimo. Una correlazione con stazioni a più ampio intervallo di misura (33 o 44 anni, 3 a 4 volte il ciclo solare) permetterebbe di stabilire in modo più coerente i valori estremi e servire da base per le altre serie.

Data la varietà dei climi (mediterraneo, continentale, oceanico), e la differenza dei terreni, sarebbe necessario per una conoscenza veramente utile del sottosuolo, e qui ci riferiamo alla Svizzera, studiare una rete significativa con stazioni di misura fisse, o ad intervallo piuttosto lungo, e stazioni periodiche 1 o 2 anni, da permettere una elaborazione e una generalizzazione, applicando i ben noti metodi matematici probabilistici per una estrapolazione dei valori, da poter ricostruire delle carte isoterliche in profondità con le loro variazioni stagionali ed anomalie. Solo così si avrebbe in mano un mezzo valido d'indagine per il proseguimento delle ricerche da una parte e la possibilità di applicazioni tecniche dall'altra, documenti indispensabili per gli operatori tecnici ad alto livello, da introdurre quali parametri sicuri nelle ricerche settoriali.

Siamo stati costretti a discutere di questi elementi per la precaria situazione in cui ci troviamo. Malgrado il grande lavoro di analisi condotto, abbiamo potuto trarne poche conclusioni definitive. Allo stato attuale delle grandi programmazioni scaturite e appoggiate dalla Commissione per il Fondo Nazionale della ricerca, ci sembra doveroso di mettere in risalto pure questo importante e troppo trascurato problema.

La grande difficoltà sta nei costi di un tale programma, in quanto l'impiego dei termometri a mercurio non sembra adeguato, entro certi limiti, come ha voluto dimostrare Primault (Bibl. 3). Infatti sembra comprensibile che il termometro a mercurio, data la sua configurazione, misuri nel sottosuolo la temperatura dell'aria nel terreno attorno al bulbo stesso, data l'impossibilità di un contatto completo e diretto col materiale componente lo strato, e da ciò possono derivare le differenze significative — tra temperatura letta col registratore e col termometro a mercurio — fino — $2,4$ e $+ 1,7$ °C per i valori medi mensili e — $4,3$ e $+ 3,2$ °C per i valori giornalieri. In generale, però, esaminando i grafici riportati nella Bibl. 3 si ha l'impressione che l'ampiezza della fluttuazione giornaliera o mensile attorno alla media, messa in evidenza con le misure termometriche, venga semplicemente attutita. Si ottengono così dei valori giornalieri delle medie mensili o annuali accettabili, specie se trattasi di eventi di massima e di minima.

Le variazioni delle differenze tra i due metodi di misura non sono così regolari, da poterne codificare il passaggio dall'uno all'altro introducendo un coefficiente di riduzione, poichè le variazioni sono dipendenti dall'insolazione, dalle precipitazioni, dalla permeabilità del terreno e dalla configurazione stratografica, ecc.: parametri definibili solo da caso a caso dopo analisi e misure del terreno stesso, fenomeno dunque di non immediata evidenza.

Abbiamo dovuto premettere queste considerazioni per il fatto che le stazioni di Pregassona e quella di controllo di Zurigo sono munite di apparecchi registratori preparati allo scopo dalla ditta Siemens S.A., mentre la stazione termometrica di Bellinzona è munita di semplici termometri di massima e minima.

Il nostro tema « Misure di geotemperatura nel Ticino » si ridurrebbe a ben poca cosa senza la stazione di confronto zurighese, trattata qui per sommi capi.

La stazione di Zurigo, gestita direttamente da personale dell'Istituto Svizzero di Meteorologia, offre dei dati di alta confidenza per il fatto che anche piccoli inconvenienti e disfunzioni di apparecchi non sono sfuggiti al controllo, a garanzia d'omogeneità delle serie. Pregassona ci sembra invece che risenta, nell'elaborazione, certe disfunzioni delle registrazioni, da costringerci ad uno spoglio più attento.

La disponibilità di stazioni di osservazione è la seguente, con le loro coordinate geografiche :

Tab. I *Coordinate geografiche delle stazioni di Pregassona, Zurigo, Bellinzona*

Località	Misure	Long.	Lat.	m.s.m.
Pregassona	registrazioni	8°58'	46°01'	350
Zurigo	registrazioni	8°34'	47°23'	569
Bellinzona	termometro mass. e min.	9°02'	46°12'	236

Per Pregassona sono disponibili, come parla chiaramente la Tab. II, dati attendibili a 2, 10, 20, 50 cm di profondità, mentre alle quote di 0, 5 e 100 cm le indicazioni sono scarse, pochi anni, da far ritenere indicative le medie riportate nelle tabelle VI e VII e sui grafici (fig. 3, 4 e 5). Si comprende la necessità, del resto già accennata, di avere a disposizione una stazione più completa, come quella di Zurigo. Trascu- rando le misure eseguite a 5 cm di profondità di quest'ultima, con soli 5 anni di misure, possiamo dire che l'intervallo si estende per un ciclo solare completo e quindi sufficiente per trarne delle conclusioni con buona approssimazione per le applicazioni tecniche e ci fornisce, tra l'al- tro, linee direttrici per le considerazioni di merito, per l'altra stazione ticinese, fino alla profondità di un metro.

La stazione di Bellinzona, con soli tre anni di osservazioni, ci offre delle misure eseguite con termometri di massima e di minima, ci informa sull'andamento generale fino ad una profondità di 1,60 m. Il 1965 è

Tab. II *Intervallo delle misurazioni alle diverse quote, eseguite con apparecchi registratori alle stazioni di Zurigo e Pregassona e con termometro di massimo e minimo a Bellinzona*

Profondità in cm	Pregassona		Zurigo		Bellinzona	
	intervallo	anni	intervallo	anni	intervallo	anni
0	1962 - 1963	2	1953 - 1964	12		
2	1953 - 1960*	8	1953 - 1959	7		
5	1960*- 1963	4	1960 - 1964	5		
10	1953 - 1963	11	1953 - 1964	12		
20	1953 - 1963	11	1953 - 1964	12	1965*- 1967	3
40					1965*- 1967	3
50	1953 - 1963	11	1953 - 1964	12		
60					1965*- 1967	3
80					1965*- 1967	3
100	1962 - 1963	2	1953 - 1964	12	1965*- 1967	3
120					1965*- 1967	3
140					1965*- 1967	3
160					1965*- 1967	3

* incompleto

incompleto dato l'inizio delle misure, il 20 di gennaio, e altre interruzioni secondarie avvenute durante il 1966, come è chiaramente rilevabile dalla bibl. 5. Pregassona e Zurigo hanno concomitanza nell'intervallo di osservazione, Bellinzona invece inizia la campagna di misura subito dopo la soppressione delle stazioni sopraccitate, impedendoci anche con difficili correlazioni dei raffronti obiettivi dei dati e delle estrapolazioni.

Come già accennato, riportiamo i dati essenziali della stazione di Zurigo per poter far capo, là dove è possibile, a delle considerazioni ricavabili dalle elaborazioni statistiche di quelle ticinesi.

STAZIONE DI ZURIGO

Le medie giornaliere di Zurigo sono state composte parte con quattro e parte con otto osservazioni.

Le otto misure alle profondità di 0 - 5 - 10 - 20 cm ogni 3 ore (1 1/2 - 4 1/2 - 7 1/2 - 10 1/2 - 13 1/2 - 16 1/2 - 19 1/2) e alla profondità di 50 e 100 cm, quattro misure giornaliere (1 1/2 - 7 1/2 - 13 1/2 - 19 1/2) ossia ogni 6 ore.

La natura del terreno non uniforme, composto di calcare e cristallino con gneis, è di granulometria piuttosto significativa. Oltre all'omogeneità della serie e alla manutenzione impeccabile degli apparecchi, si ha un maggior numero di dati, ciò che si manifesta chiaramente nelle regolarità dei grafici riportati in funzione della media mensile (fig. 1 e 2).

Dalla Tab. III risulta essere l'escursione media dell'intervallo (1953-1964) ad ogni quota, oscillante tra 10,56°C a 100 cm e 10,84°C a 10 cm,

ossia una differenza di 0,28°C, ordine di grandezza del ca. 0,25 ‰. Furono trascurati i dati di —2 a —5 cm poichè incompleti. I valori della prima quota cadono sul minimo del ciclo, quelli della seconda sul massimo, modificando sensibilmente i valori reali di anno medio come dimostrano pure le medie riportate (Tab. III).

Tab. III *Geotemperatura media annua dal 1953 al 1964 a Zurigo per ogni strato fino a 100 cm di profondità — In °C — TE = temperatura esterna a 100 cm*

Anno	0 cm	2 cm	5 cm	10 cm	20 cm	50 cm	100 cm	TE
1953	10,82	10,97	—	10,99	10,76	10,94	10,76	8,97
1954	9,65	9,77	—	9,94	9,72	9,96	9,84	8,46
1955	9,58	9,87	—	9,96	9,77	10,01	9,91	8,52
1956	9,02	9,33	—	9,36	9,14	9,51	9,53	7,55
1957	10,46	10,37	—	10,59	10,45	10,65	10,50	9,02
1958	10,78	10,69	—	10,95	10,75	10,77	10,50	9,01
1959	11,77	11,56	—	11,87	11,74	11,64	11,64	9,72
1960	11,41	—	11,14	11,44	11,22	11,28	10,97	9,12
1961	12,02	—	11,91	12,17	11,84	11,97	11,57	10,37
1962	10,63	—	10,40	10,65	10,26	10,54	10,29	8,01
1963	10,62	—	10,58	10,85	10,47	10,69	10,38	7,67
1964	11,07	—	11,07	11,37	10,94	11,19	10,91	8,94
Media	10,65	10,37	11,02	10,84	10,59	10,76	10,56	8,78

— °C —

Tab. IV *Geotemperatura mese medio a Zurigo dell'intervallo 1953 al 1964 (ad ogni strato e fino alla profondità di 100 cm) — In °C — TE = temperatura esterna a 100 cm*

Mesi	0 cm	2 cm	5 cm	10 cm	20 cm	50 cm	100 cm	TE
Gennaio	0,95	1,27	1,06	1,39	1,50	2,88	4,17	—1,07
Febbraio	1,70	1,56	2,04	2,02	1,94	2,82	3,69	0,21
Marzo	5,32	4,93	5,30	5,32	5,02	5,16	5,12	4,70
Aprile	9,92	9,09	10,88	9,91	9,52	8,98	8,12	8,77
Maggio	14,76	14,57	15,06	14,90	14,28	13,15	11,54	12,83
Giugno	18,62	17,81	19,44	18,72	18,00	16,62	14,65	16,50
Luglio	20,52	20,09	20,68	20,57	19,85	18,74	16,91	17,78
Agosto	19,68	19,14	20,10	19,73	19,23	18,67	17,41	16,98
Settembre	17,04	16,63	17,24	17,09	16,78	16,95	16,42	14,74
Ottobre	11,09	10,84	11,58	11,42	11,46	12,53	13,16	9,07
Novembre	5,80	5,59	6,72	6,20	6,38	8,00	9,32	3,93
Dicembre	2,42	2,91	2,14	2,87	3,07	4,64	6,20	0,89
Media	10,65	10,37	11,02	10,84	10,59	10,76	10,56	8,78

— °C —

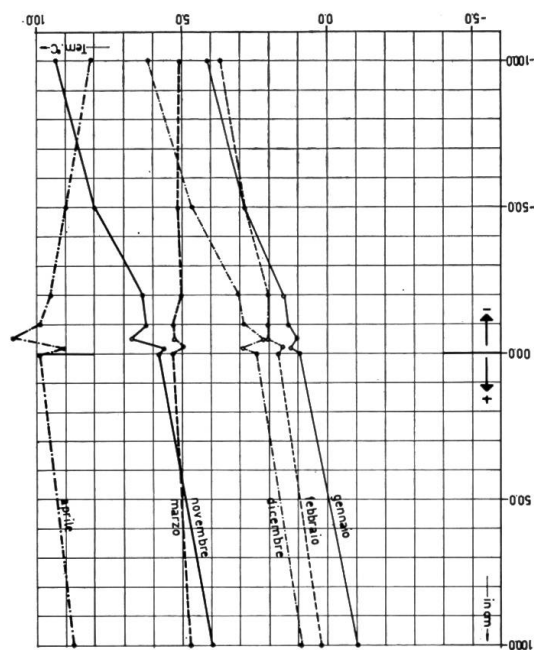


FIG. 1 Variazione delle geotemperature medie mensili in funzione delle quote per la stazione di Zurigo. Gennaio - febbraio - marzo - aprile - novembre e dicembre. Profondità fino a 100 cm. Temperatura in $^{\circ}\text{C}$. La temperatura esterna è presa a 100 cm dal suolo.

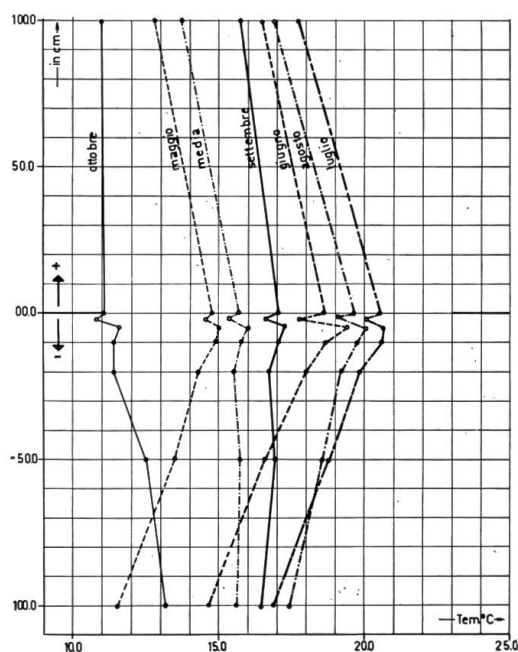


FIG. 2 Variazione delle medie mensili delle temperature del suolo in funzione delle quote per la stazione di Zurigo. Maggio - giugno - luglio - agosto - settembre - ottobre e *media annua*. Fino alla profondità di 1 m. Temperatura in $^{\circ}\text{C}$. La temperatura esterna è presa a 100 cm dal suolo (+ 0,00).

Le medie dell'intervallo sono di ca. 1,5 a 2,2°C maggiori, a tutte le quote, di quelle della temperatura esterna dell'aria (8,78°C) presa a 100 cm dal suolo (fig. 1).

Anche ai diversi livelli l'escursione annuale è dell'ordine di grandezza del 18 al 27 % ca. del valore massimo, ossia ca. 2,1 a 3,0°C, o come meglio risulta dalla tabella V, dove sono riportati il massimo e minimo di ogni anno allo strato fissato (dalla Tab. III).

Tab. V *Escursione (Δ) delle medie annuali in °C ad ogni strato della stazione di Zurigo per l'intervallo 1953 al 64 e valore in % del massimo — TE = temperatura esterna*

Profondità						
Valori estremi	0 cm	10 cm	20 cm	50 cm	100 cm	TE
Massimo in °C	12,02	12,67	11,84	11,97	11,64	10,37
Minimo in °C	9,02	9,36	9,14	9,51	9,53	7,55
Δ in °C	3,00	2,91	2,70	2,46	2,11	2,82
% del massimo	25,0	23,9	22,8	20,6	17,6	21,2

Insomma, l'escursione massima (Δ) delle medie annuali, dalla quota inferiore ai 20 cm va diminuendo per ogni 20 cm di profondità, di un valore pari a ca. 0,12°C (Valori interpolati). Considerando le variazioni alle diverse quote nei singoli mesi (Tab. IV, fig. 1 e 2) si notano dei picchi, ossia una diminuzione di temperatura da 0 a 2 cm e un aumento significativo a 5 cm per poi aumentare nei mesi da novembre a maggio e diminuire per gli altri (Fig. 1 e 2).

Nella curva di anno medio del periodo le variazioni su tutta la profondità fino a 100 cm, come già accennato, sono minime (Fig. 2). Vieni messo comunque in risalto la inversione evidente del mese di marzo e del mese di settembre, con un andamento analogo a quello di anno medio, come può essere seguito nei grafici esposti.

La temperatura media giornaliera, per il periodo studiato, risulta inferiore allo zero alla profondità massima di 20 cm, per 74 giorni - 6 giorni all'anno ca. Non indica però la profondità massima di gelo, non deducibile dai dati pubblicati.

STAZIONE DI PREGASSONA

La mancanza di una serie omogenea impone una certa cautela nelle considerazioni di ordine particolare. La Tab. II mette a fuoco la disponibilità di un numero maggiore di dati a quota 2, 10, 20, 50 cm di profondità per una valutazione di intervallo.

Le misure sono fatte anche in questa stazione con registrazioni analoghe a quelle adottate a Zurigo e curate da un incaricato dell'Istituto Svizzero di Meteorologia.

La natura del terreno è alluvionale, composto di calcare, di gneis, con forte permeabilità e granulometria piuttosto significativa.

Le osservazioni per questa stazione ticinese avvengono due volte al giorno, secondo i due termini alle 08.00 e 18.00 (bibl. 3). Le medie giornaliere sono quindi più approssimative di quelle di Zurigo.

L'escursione massima (Δ) dei valori medi annuali, a differenza di Zurigo, che diminuisce con l'abbassamento di quota, a Pregassona aumenta da 2 cm fino a 20 cm per iniziare la diminuzione fino a 50 cm. Insomma l'escursione massima delle medie annue diminuisce da 20 cm e ogni 20 cm di profondità (valori interpolati) di un valore pari a $0,28^{\circ}\text{C}$ e rappresenta in media il 20 % del valore medio massimo annuale (Tab. VI e VIII).

Le variazioni mensili, secondo le quote, manifestano una diminuzione di temperatura da 0 a 2 cm con un forte aumento a 5 cm e una diminuzione negli strati successivi. Nelle fig. 4 e 5 furono registrati tutti i valori medi mensili, quelli con intervallo incompleto (Tab. II) particolarmente a 100 cm, danno delle discontinuità ben visibili.

L'anno medio della temperatura di quota è quello che forse rispecchia con più aderenza la realtà e l'andamento delle due stazioni della temperatura in profondità.

L'escursione massima delle medie mensili (Tab. VII) qualifica l'ampiezza di oscillazione annuale della serie cronologica, trascurando i valori fino a 10 cm si evidenzia l'analogia dei risultati, riportati nella Tab. IX, con quelli di Zurigo (naturalmente sarebbe a dire la differenza tra la media del mese minimo, invernale, e del mese massimo, estivo).

Tab. VI *Geotemperatura media annua dal 1953 al 1963 a Pregassona per ogni strato fino a 100 cm di profondità — In $^{\circ}\text{C}$ — TE = temperatura esterna*

Anno	0 cm	2 cm	5 cm	10 cm	20 cm	50 cm	100 cm	TE
1953		12,45		12,66	12,70	12,81		11,59
1954		11,70		11,93	11,90	12,12		10,56
1955		12,01		12,22	12,17	12,40		11,67
1956		10,96		11,21	11,23	11,45		11,13
1957		11,64		11,79	11,74	11,83		11,36
1958		11,96		12,14	12,07	12,21		11,12
1959		12,30		12,45	12,38	12,43		9,78
1960		*	*	12,36	12,78	12,61		9,14
1961			13,74	13,85	14,69	14,49		11,28
1962	12,25		12,57	12,89	13,71	13,78	13,81	10,74
1963	11,52		12,02	12,19	12,85	12,66	12,69	9,73
Media	11,88	11,86	12,78	12,33	12,56	12,62	13,25	10,74

— $^{\circ}\text{C}$ —

* tralasciato poichè anno incompleto.

Tab. VII *Geotemperatura mese medio a Pregassona dell'intervallo 1953 al 1964 (ad ogni strato e fino alla profondità di 100 cm) — In °C — TE = temperatura esterna*

Mesi	0 cm	2 cm	5 cm	10 cm	20 cm	50 cm	100 cm	TE
Gennaio	1,84	2,05	1,78	2,27	2,88	4,10	5,90	1,34
Febbraio	2,12	2,98	3,47	3,29	3,59	4,17	4,93	2,46
Marzo	5,75	7,00	7,32	7,23	7,23	6,88	6,68	6,53
Aprile	11,46	10,80	12,95	11,68	11,60	10,84	10,22	10,69
Maggio	16,34	15,49	17,65	16,22	15,82	14,64	14,42	14,54
Giugno	19,72	18,65	20,90	19,41	19,16	18,05	17,43	17,35
Luglio	22,34	20,77	22,65	21,53	21,42	20,33	20,52	19,79
Agosto	21,75	20,54	22,44	21,23	21,26	20,76	21,35	19,13
Settembre	17,90	18,25	19,15	18,89	19,13	19,07	19,81	16,62
Ottobre	13,24	13,14	13,26	13,65	14,35	15,24	17,05	11,45
Novembre	8,12	8,07	7,74	8,37	9,20	10,62	15,39	6,20
Dicembre	2,01	4,45	2,93	4,26	5,06	6,70	5,30	2,83
Media	11,88	10,84	13,37	12,33	12,56	12,62	13,25	10,74

— °C —

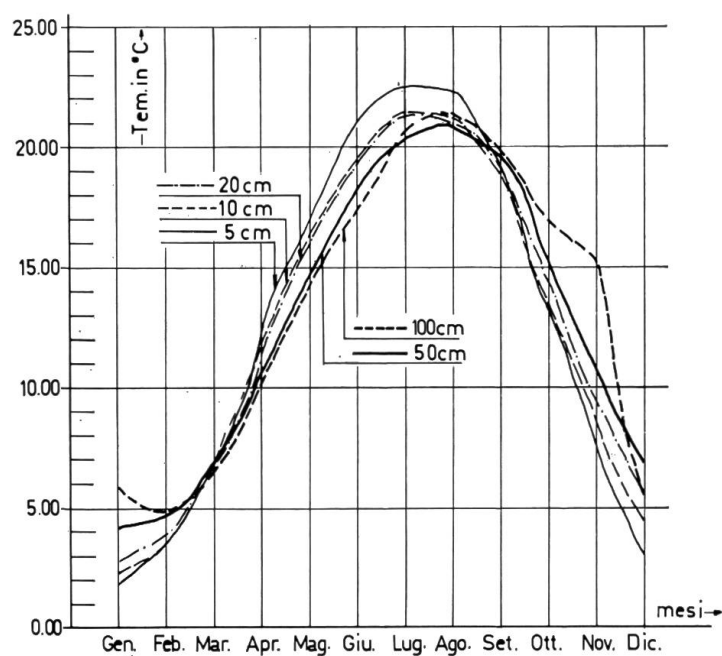


FIG. 3 Variazioni delle medie mensili alle quote 5 - 10 - 20 - 50 - 100 cm di profondità a Pregassona — in °C.

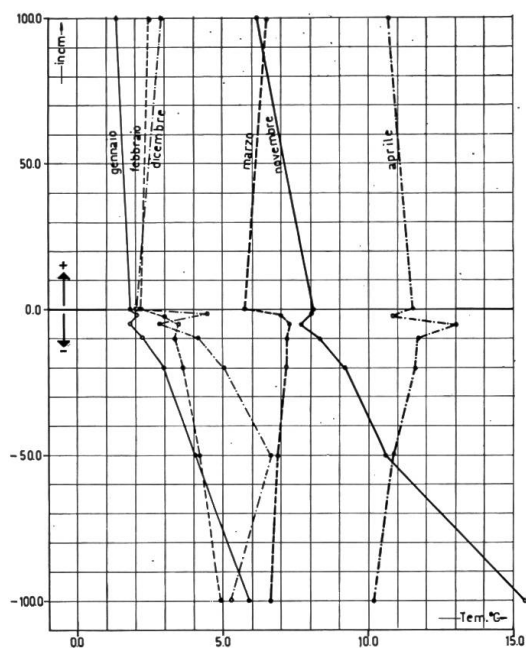


FIG. 4 Variazione delle medie mensili della temperatura del suolo in funzione della quota a Pregassona. Gennaio, febbraio, marzo, aprile, novembre e dicembre, fino alla profondità di 100 cm. Temperatura in °C. Temperatura esterna presa a 100 cm dal suolo.

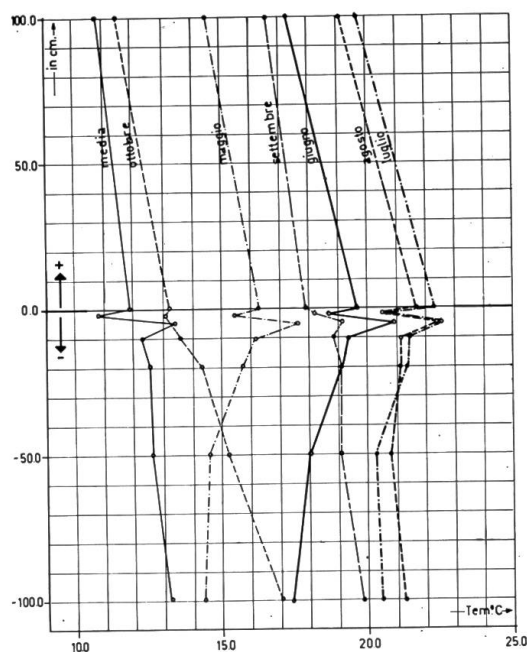


FIG. 5 Variazione delle medie mensili della temperatura del suolo in funzione della quota a Pregassona. Maggio - giugno - luglio - agosto - settembre - ottobre e anno medio. Fino alla profondità di 100 cm. Temperatura in °C. Temperatura esterna presa a 100 cm dal suolo.

Tab. VIII *Escursione (Δ) delle medie annuali in °C ad ogni strato della stazione di Pregassona per l'intervallo 1953-1963, % del massimo. TE = temperatura esterna. (I valori sono tolti dalla Tab. VI).*

	P r o f o n d i t à				
	2 cm	10 cm	20 cm	50 cm	TE
tra massimo e minimo Δ in °C	1,49	2,64	3,46	3,04	2,53
% del massimo	12,1	19,1	23,6	21,0	21,6

In ordine di grandezza si costatano delle piccole variazioni nell'escursione mensile delle due stazioni ad ogni strato, che per la temperatura esterna sono quasi trascurabili.

Innanzitutto la temperatura di anno medio dell'aria a Pregassona (Tab. VI) è superiore a quella di Zurigo in media di 2°C, ossia di ca. 20 - 25 %, così pure per le medie annuali, ad eccezione del 1959 e 60 che si eguaglia. In compenso nel 1956 si notano delle differenze a favore di Pregassona di ca. 3,58°C con influsso evidente negli strati più profondi. I valori medi dei singoli mesi (Tab. VII) notano una maggiore temperatura variabile del suolo e una diminuzione da 5 a 100 cm di profondità. Dalla Tab. VI risulta che l'anno medio dell'intervallo oscilla da 10 cm con 12,33°C, a 50 cm con 12,62 % segnando un leggero aumento, che del resto rispecchiasi a 100 cm con 13,25°C (malgrado che per quest'ultimo siano disponibili due sole annate di misure). L'aumento in pro-

Tab. IX *Escursione massima ai singoli strati, delle medie mensili di Zurigo e Pregassona e differenze (tolte dalla Tab. IV e Tab. VII) in °C.*

	P r o f o n d i t à					
1) Pregassona	20,87*	18,76	18,54	16,66	15,45*	18,45
2) Zurigo	19,62	19,18	18,35	15,86	13,24	18,85
Differenze 1) 2)	+ 1,25	— 0,42	+ 0,19	+ 0,80	+ 2,21	— 0,40
	in °C					

* poche misure

fondità è dell'ordine di grandezza del 0,3 %, mentre a Zurigo risultò in diminuzione. Per considerare meglio questi valori occorre tener presente che gli errori strumentali sono dell'ordine di grandezza di $\pm 0,1^\circ$. Esaminando i singoli anni alle diverse quote si nota sempre una tendenza al rialzo della temperatura da 10 a 50 cm e anche a 100 cm, mentre a Zurigo è l'inverso.

La media del periodo colle singole quote è di ca. $2,2^{\circ}\text{C}$ superiore alla temperatura dell'aria. Non è possibile considerare le serie incomplete (0 - 2 - 5 cm) poichè cadono proprio in periodo o di minima o di massima, sì da alterare le medie per rapporto al ciclo undecennale. Nei singoli anni si rispecchia la stessa situazione con variabilità più significativa nel 1959, 1960 e 1963, dove risulta che la temperatura del sottosuolo è ca. 3°C maggiore di quella dell'aria.

Le inversioni di marzo e settembre, un po' meno evidente quest'ultima, emergono dalla fig. 3 dove sono riportati i grafici delle medie mensili della temperatura del suolo ad ogni quota; l'irregolarità riscontrata per quella di 100 cm deve ricollegarsi ad un'insufficienza di dati, comunque si nota un andamento analogo a quello della stazione di Zurigo (Tab. IV).

In tutto il periodo studiato si riscontrano temperature medie giornaliere inferiori allo zero fino a 10 cm di profondità per 26 giorni, ossia 2 giorni all'anno. La vera profondità di gelo è deducibile solo dai valori di massima e minima non riportati nella bibl. 2.

STAZIONE DI BELLINZONA

Le misure sono state eseguite mediante termometro di massima e minima, posati ogni 20 cm fino alla profondità di 160 cm, in terreno composto di sabbia e ghiaia come alla ripartizione granulometrica seguente: 0 % di argilla - 2 % di silt - 23 % di sabbia - 75 % granulometrico (2 a 60).

Della temperatura dell'aria misurata a 10 e 100 cm sopra il suolo si considera solo quest'ultimo. Le osservazioni avvengono 1 volta al giorno alle 08.00, da ritenere più che sufficienti per uno sguardo sui valori estremi giornalieri, anche se, secondo Primault (Bibl. 3) ci possono essere delle differenze sensibili rispetto alle misure eseguite da un registratore.

Tali differenze, se considerate quali medie mensili o più ancora quali medie annuali, sono da supporre annullate o quasi, specialmente per l'ultimo caso, giustificato dal fatto che i valori giornalieri oscillano attorno al valore medio, sarebbe come a dire che l'ampiezza viene semplicemente attutita. Questi errori, oltre al resto, diminuiscono in modo proporzionale alla profondità. Inoltre le temperature massime, nell'arco della giornata, si notano verso le 14.00 e le minime verso le 06.00, mentre le differenze minori tra i due sistemi di misura si registrano appunto al mattino, come risulta dal lavoro di Primault (Bibl. 3), cosicchè la misura delle 08.00 per le emassime e le minime rischia di indicare dei valori con uno scarto minimo di differenza rispetto a quelli che sarebbero stati ricavati con una registrazione. Sulla base di queste deduzioni pensiamo che gli errori possibili sono al massimo del 5 % e riteniamo ugualmente che un esame di questi dati permetta di offrire un utile strumento di lavoro, con la speranza che nel futuro si istallino altre stazioni con registrazioni più attendibili per l'interpretazione anche dei valori limite.

Tab. X *Valori medi mensili e annuali di massima + minima della geotemperatura degli strati da 20 a 160 cm nel misto granulare. Temperatura media mensile di massima + minima dell'aria (T °C) a 100 cm dal suolo a Bellinzona. In °C. Osservazioni dal 1965 al 1967 (3 anni).*

Prof. in cm	20	40	60	80	100	120	140	160	T °C
GEN.	1,9	2,5	3,9	5,2	6,9	7,7	8,5	9,1	0,5
FEB.	3,1	3,2	3,6	4,3	5,3	5,8	6,2	6,9	6,0
MAR.	8,1	7,0	6,4	6,2	6,3	6,3	6,4	6,7	8,6
APR.	12,8	11,2	10,4	9,7	9,3	9,0	8,7	8,6	10,4
MAG.	16,7	14,4	13,4	12,5	12,1	11,3	11,1	10,8	15,3
GIU.	20,6	19,4	17,9	16,4	15,5	14,5	14,1	13,5	20,7
LUG.	23,0	21,0	19,8	18,6	17,9	17,2	16,4	16,0	21,5
AGO.	21,9	21,6	20,9	20,3	19,9	17,7	18,4	18,2	21,5
SET.	18,1	18,4	18,3	18,4	18,5	18,4	18,1	17,9	16,7
OTT.	16,2	15,9	15,9	16,2	16,3	16,0	15,9	16,0	13,9
NOV.	9,7	9,6	10,4	11,0	12,2	12,5	13,0	13,5	5,8
DIC.	4,9	5,2	6,5	7,5	9,2	9,9	10,7	11,3	0,6
Media annua	12,6	11,9	11,7	11,6	11,9	11,7	11,8	11,9	11,8

* Le medie sono ponderate. E' pure da tener calcolo che nel 1965 il mese di gennaio è incompleto e nel 1966 mancano i mesi di agosto, settembre e ottobre.

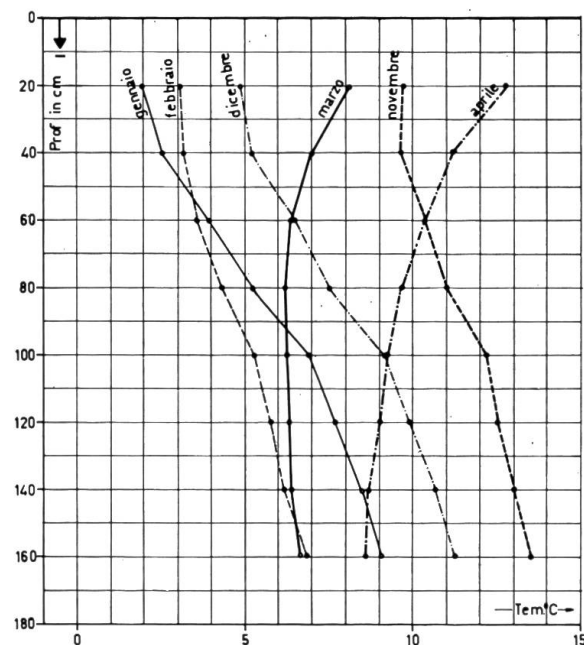


FIG. 6 Variazioni delle medie mensili della temperatura del suolo a Bellinzona in funzione delle quote. Gennaio - febbraio - marzo - aprile - novembre e dicembre. In °C. Fino alla profondità di 160 cm.

La conoscenza solo della massima e della minima ci obbliga a concederci un'altra approssimazione, sempre per confidare su dati attendibili indicanti le grandi linee dell'evolversi del fenomeno, di assumere cioè, quale media giornaliera approssimata, la media dei valori estremi.

Le ripartizioni o, meglio ancora, gli istogrammi relativi di questo

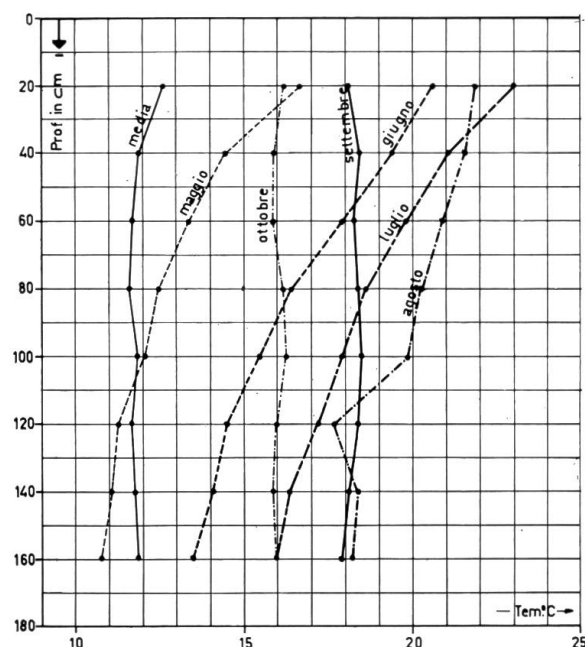


FIG. 7 Variazioni delle medie mensili della temperatura del suolo a *Bellinzona* in funzione delle quote. Maggio - giugno - luglio - agosto - settembre e ottobre in °C, e *media annua* fino alla profondità di 160 cm.

genere di dati sono sempre rappresentati da una curva gaussiana asimmetrica con moda, media e norma non coincidenti e la media — in genere per questo tipo di fenomeni naturali — tra i valori estremi si avvicina con buona approssimazione alla media reale, sì da poterla accettare come valevole per tutte le considerazioni relative a questo elaborato.

Vogliamo ancora precisare che i tre anni disponibili per le analisi, dal 1965 al 1967, non sono continui e quindi qualche mese ci risulta deformato, comunque osservando i grafici sembra che differenze essenziali e anomalie fondamentali non esistano. (Per precisazioni rinviamo alla bibl. 6 - 7).

I valori prelevati nelle altre stazioni non danno i valori estremi ma dei valori medi, escludendo la possibilità di far delle considerazioni sul gelo, almeno coi dati pubblicati alla bibl. 1. In queste stazioni la massima giornaliera risulta alle 13.00 e la minima alle 06.00 ca. Nel caso di Bellinzona, oltre che la stima dei valori medi, abbiamo pure i valori di gelo, importanti per considerazioni di ordine tecnico. (Bibl. 7).

Gli anni medi riportati nella tab. XI presentano delle discontinuità e cadono, rispetto a Pregassona, nella fase decrescente del ciclo undecen-

Tab. XI *Anno medio della geotemperatura fino alla profondità di 1,60 m a Bellinzona dal 1965 al 1967 — in °C — TE = temperatura esterna. Media tra il 1965 e il 1967.*

Anno	Profondità in cm								TE
	20	40	60	80	100	120	140	160	
1965	12,98	12,24	11,88	11,83	12,36	11,92	11,82	11,75	10,95
1966 *	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1967	12,89	12,35	12,34	12,22	12,28	12,27	12,20	12,32	12,82
Media	12,93	12,29	12,11	12,02	12,32	12,09	12,01	12,03	11,88

— °C —

* mancano agosto, settembre, ottobre.

nale, così da impedirci anche approssimativamente una ricostruzione dei dati mancanti di agosto, settembre, ottobre del 1966.

Delle medie annuali, a parte l'anomalia di 100 cm, si nota una leggera diminuzione delle medie di ogni strato, da 60 cm, inferiore al 0,5 ‰, lo scambio di calore presenta delle trascurabili modifiche, considerando pure l'errore strumentale possibile. Anche il terreno naturale (bibl. 4 e 5), misurato in prossimità del misto granulare, presenta analoghe caratteristiche; fu tralasciato di discuterne, poichè non sufficientemente precisato nella sua composizione. (Vedi comunque bibl. 4 e 5).

Dei valori medi mensili di massima e dei valori medi nonchè di minima (nella tab. X abbiamo riportato la media di questi due valori) riportati alla bibl. 7, consideriamo l'escursione (Δ) dei primi, essendo più significativa.

La tab. XII riporta quindi il valore medio mensile massimo (estivo) e minimo (invernale), (ricavato considerando unicamente le misure di massima del termometro) dalla cui differenza si ricava l'escursione.

Tab. XII *Escursione (Δ) dei valori medi mensili massimi ad ogni strato a Bellinzona — in °C — TE = temperatura esterna. Vieni riportato il massimo dei massimi (estivo) e il minimo dei massimi (invernale). (Tolti dalla Tab. I, bibl. 7).*

Profondità in cm	Media mensile minimo °C	Media mensile massimo °C	°C
20	2,7	28,5	25,8
40	3,7	24,2	20,5
60	5,6	23,0	17,4
80	7,2	22,0	14,8
100	8,9	21,4	12,5
120	9,7	20,8	11,1
140	7,2	19,8	12,6
160	7,6	19,6	12,0
TE	7,1	29,9	22,8

L'escursione dei massimi diminuisce fino alla profondità di 120 cm, per aumentare leggermente da 140 a 160 cm. La diminuzione media è di ca. 2°C per strato. L'escursione dei valori medi mensili (tab. IX) a Zurigo e Pregassona non differisce dai valori esposti nella tab. XII. Questa analogia vien pure riscontrata nelle osservazioni in terreno naturale.

Occorre notare che le precipitazioni e la permeabilità del terreno giocano un ruolo importante nella ripartizione stratografica del suolo, per rapporto al termometro, il bulbo viene a contatto con l'acqua ad una certa temperatura che s'infiltra nel terreno e quindi influenza e uniformizza la ripartizione di calore. Questo fatto si nota nelle escursioni tra i valori ricavati di massimo e minimo di uno stesso giorno in caso di pioggia maggiore di 10 mm, per la forte permeabilità del misto granulare adottato a Bellinzona.

E' pure da rilevare che la escursione reale tra i valori medi di massimo e minimo (non media dei due) qui non riportati (Bibl. 7) è inferiore a quanto sopra ricavato (Tab. XIII).

Tab. XIII *Escursione Δ tra la media annua dei valori di massima e valori di minima (qui non riportati, vedi bibl. 7, tab. I e II). T in °C.*

Profondità	Escursione Misto granulare
fino a 20 cm	9,4 °C
fino a 40 cm	4,4 °C
fino a 60 cm	3,6 °C
fino a 80 cm	3,6 °C
fino a 100 cm	3,0 °C
> a 100 cm	3,0 °C

In terreno naturale, con presenza di argilla e humus, la differenza risulta essere maggiore che nel misto granulare di 2°C a 20 cm e di 0,4°C agli strati più profondi.

Per quanto si riferisce al gelo possiamo asserire che per 97 giorni ha raggiunto i 20 cm, per 70 giorni i 30 cm, per 23 giorni i 40 cm, e per un giorno i 60 cm, ciò che qualifica la profondità normale di gelo comunemente adottata. I valori riportati tra i 20 e 40 cm sono interpolati.

CONCLUSIONI

Da queste analisi sommarie dei dati, infatti abbiamo riportato solo le tabelle principali e i grafici riassuntivi, possiamo comunque trarre delle conclusioni di una certa utilità.

- Le registrazioni fatte a Pregassona per i valori di strato 10 cm a 50 cm, indicano delle medie di periodo (1953 - 1963)
 pari a ca. 12,50°C (\pm 0,2°C)
 quelli di Zurigo (12 anni) alla stessa
 profondità 10,59°C (\pm 0,2°C)
 e a Bellinzona (valori interpolati) solo 3 anni 11,9 °C (\pm 0,2°C)

- Le temperature di Pregassona ricavate alle quote 0, 5 e 100 cm di profondità, limitate a pochi anni di osservazione sono solo indicative, quelle a 2 cm di quota registrati dal 1953 al 1959, per soli sette anni, danno dei valori rispetto agli altri inomogenei, comunque gli andamenti risultanti (fig. 1 - 6) danno delle modifiche di temperatura da 0 a 5 cm comuni a quelle risultanti per Zurigo, cioè diminuzione della temperatura da 0 a 2 cm e aumento a 5 cm. Questa caratteristica può essere adottata anche per Bellinzona.
- L'anno medio della temperatura esterna presa a 100 cm dal suolo per Pregassona (Tab. VI) e Zurigo (Tb. III) è di ca. 2° minore di quello del sottosuolo, mentre a Bellinzona è di ca. 0,5°C minore o uguale (Tab. X).
- L'andamento della variazione della geotemperatura media mensile per tutte le stazioni forma, rispetto alla quota, una famiglia di curve analoga a quella della temperatura esterna, con inversione particolarmente chiara nel mese di marzo e novembre, sia al nord che al sud delle Alpi.
- La variabilità dei diversi andamenti dimostra uno spiccato influsso in funzione, oltre che della natura del terreno e del regime pluviometrico, della permeabilità, con una diminuzione dell'escursione massima (per i valori medi mensili) negli strati più profondi.
- L'escursione massima giornaliera diminuisce in funzione della profondità ed è modificata in caso di precipitazioni in modo sensibile, specialmente alla profondità di oltre 60 cm (ciò è chiaramente visibile esaminando le curve isoterliche costruite con le serie dei valori giornalieri di massimo e di minimo di Bellinzona (Bibl. 6)).
- La profondità massima di gelo per Bellinzona è stata costatata a 60 cm di profondità, con un evento da ritenere un limite massimo per terreni indisturbati.
- Si evidenzia la necessità di ispezioni sistematiche nel sottosuolo con apparecchiature idonee, registratori, nei diversi tipi di terreno fino alla profondità di 3.0 m, al fine di trarne delle indicazioni utili per diverse applicazioni.

RIASSUNTO

Si sono volute mettere in evidenza le variazioni della temperatura del sottosuolo nel Canton Ticino, basandosi sulla stazione con registrazioni di Pregassona (1953-1963) e per confronto quella di Zurigo (1953-1961) eseguite con i medesimi apparecchi, rilevate alle quote 0 - 2 - 5 - 10 - 20 - 50 e 100 cm di profondità.

La stazione di Bellinzona (1965-1967) per mezzo di termometri di massima e minima dà le indicazioni di 8 strati da 20 fino a 160 cm sotto il suolo.

Vengono controllate le variazioni medie annuali e mensili alle diverse quote, stabilendo le caratteristiche principali di variabilità agli strati superiori da 0 a 10 cm e inferiori da 20 a 100 per Pregassona, rispettivamente a 160 cm per Bellinzona.

Risulta chiaramente la correlazione tra la temperatura esterna e quella del sottosuolo, in funzione delle meteore e della densità e qualità dei terreni.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Al. Rima *Sulle osservazioni anemologiche nel Ticino. Rapporti ciclostilati dalla Sezione Protezione acque e aria del D.O.S. No. XXIII febbraio 1966.*
- 2) — « *Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt* » (dal 1953 al 1963).
- 3) B. Primault *Les températures dans le sol, à Zurich, au cours de l'année 1952.* In « *Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt* » (1953).
- 4) Al. Rima *Temperatura massima e minima del terreno naturale, fino alla profondità di 1,60 m, a Bellinzona nel 1965. Rapporto di lavoro N° 1 - aprile 1971 - (Ciclostilato - Pag. 15 - Fig. 5 - Tab. 5).*
- 5) Al. Rima *Geotemperatura minima e massima a Bellinzona, 1965-1967.* « *Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft 1971* ». Pag. 142 - 146 (4 pag. - 1 fig. e 4 tab.).
- 6) Al. Rima *Temperatura massima e minima fino alla profondità di 1,60 m, del misto granulare a Bellinzona nel 1965. Rapporto di lavoro N° 2 - gennaio 1973 - (Ciclostilato - Pag. 15 - Fig. 5 - Tab. 5).*
- 7) Al. Rima *Temperatura massima e minima del misto granulare fino alla profondità di 1,60 m rilevata a Bellinzona 1965 - 1967.* « *Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft 1972* » (in stampa).